

# ディーゼル機関の混合気形成と着火・燃焼改善に関する基礎研究

## 1. 研究の概要

直噴ディーゼル機関の燃焼では、多噴孔ノズルから噴射された燃料噴霧から混合気が形成される。この混合気形成や噴霧の着火・燃焼は、雰囲気温度や雰囲気圧力のほか燃料噴射系や空気流動などで引き起こされる蒸発・混合などの物理過程と燃料の熱分解や酸化などの化学過程とともに支配される複雑な過程であり、とくに、着火遅れ期間の混合気形成は、燃焼および排気特性を左右する。このため、高温場における噴霧の挙動と混合気形成を解析することが必要であり、また、この解析は着火の支配因子、制御要件を明らかにするうえからも重要である。

本研究では、ディーゼル燃焼の着火遅れ期間における多噴孔噴霧の蒸発、燃料蒸気と噴霧との干渉、および混合気形成過程が着火と燃焼に及ぼす影響について実験的に解析した。実験には図1に示す急速圧縮装置を用い、多噴孔噴霧の蒸発過程の観察には高速度シュリーレン撮影、燃焼過程の観察には直接撮影を行った。研究では雰囲気条件として温度および密度を変更して、これらが混合気形成から着火・燃焼に至る過程に及ぼす影響を調べた。さらに、過給条件に相当する高密度雰囲気での混合気形成過程の改善として、噴射圧力、スワールの効果について調べた。

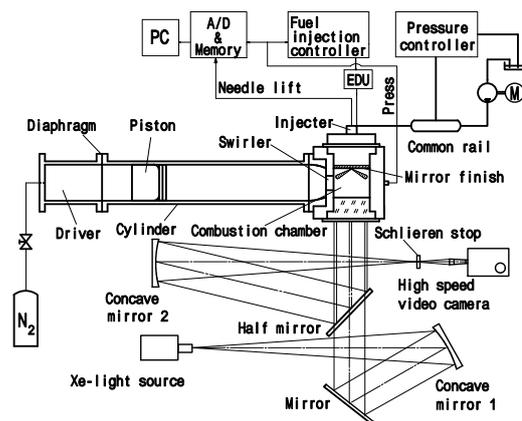


図1 実験装置

## 2. 研究成果の概要

結果をまとめると、以下のようになる。

- (1) 噴霧の着火では、はじめに噴霧先端部あるいは噴霧間で可燃混合気が形成されたところに輝度の低い火炎が発生する。その後、燃焼場に燃料が供給されて高温過濃になった噴霧軸上の領域で輝炎が発生する。
- (2) 雰囲気温度が低い場合には、噴霧先端部付近で多くの可燃混合気が形成されて暗い火炎が広がる。そして、着火遅れが長くなって噴射終了後に着火する場合には、輝炎がほとんど発生しない燃焼になる。雰囲気温度が高くなると、燃料噴射直後から燃料の蒸発による可燃混合気形成が進み、初期の着火過程は、ある程度燃料と空気の混合が進んだ領域で進行して暗炎としてあらわれる。雰囲気温度が高い

場合は、火炎が噴霧中流域から下流域にかけての噴霧間で拡がりやすくなる。

- (3) 霧団気密度が大きくなると、噴霧の貫徹力が低下して旋回空気流であるスワールの影響を強く受けるようになる。このため、燃料の分布が噴孔のある燃焼室中心部に偏って燃焼室外縁部には燃料が分布せず、予混合気領域の拡がり小さくなる。この混合気分布は着火後の燃焼過程にも影響し、燃焼室中央部では酸素不足で過濃燃焼になって、燃焼期間が長くなる。

- (4) 高霧団気密度では、高圧噴射あるいは低スワール化により、着火遅れ期間中の噴霧の到達距離が長くなり燃焼室外縁部まで混合気を分布させることが可能になる。しかし、低スワールでは、噴霧間の混合気の拡がり高圧噴射にした場合よりも小さくなり、着火後は噴霧軸に沿って幅の広い輝炎が噴霧下流部にかけて拡がるほか、輝炎も暗炎も存在しない領域が燃焼室外縁部にあらわれて、燃焼室内の空気を十分に利用できない。

- (5) 高霧団気密度において高圧噴射にすると、活発な混合気形成により可燃領域が多く形成されるため、明るい輝炎が発生する直前に既に輝度の低い火炎が噴霧先端付近の噴霧間に拡がる。また、着火後の混合による拡散燃焼も促進されるため、輝炎は噴霧先端部の広い領域に拡がり、輝炎に挟まれた領域では輝度の低い火炎も存在して、燃焼室の大部分の空間が輝炎あるいは暗炎で覆われる。過給などで霧団気密度が高くなる条件では、高圧噴射による混合改善が効果的である。

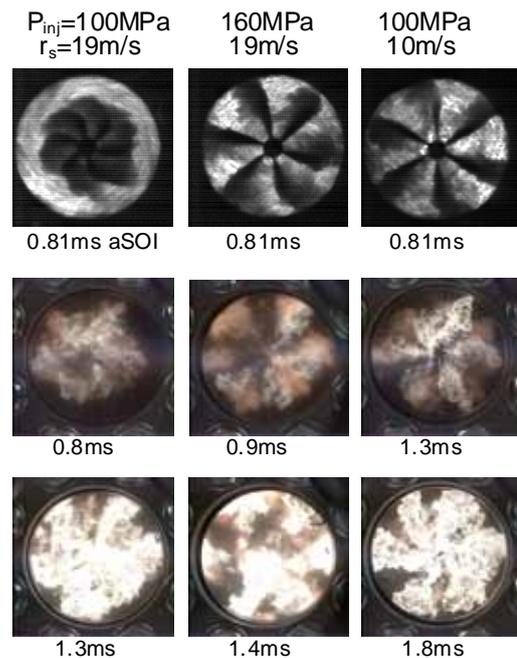


図2 高密度霧団気における混合気形成の改善

(霧団気密度  $33.3\text{kg/m}^3$  , 温度  $850\text{K}$  ,  $P_{inj}$  : 燃料噴射圧力,  $r_s$  : スワール速度  
時間は燃料噴射開始からの経過時間)

### 3. 研究成果の将来展望

ディーゼル燃焼においては、着火遅れ期間中および燃焼過程の混合気形成が着火・燃焼、さらに有害排気物質形成に大きな影響をおよぼす。このことから、混合気分布による燃焼制御について検討していくことが必要である。今後は、近年ディーゼルエンジンで装備されている過給や EGR 条件における混合気形成を解析する。これについては、霧団気温度および密度、酸素濃度が燃料の化学反応や混合気形成に及ぼす影響を調べて、燃焼・排気との関係を明らかにしていく。